

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Ланцева Евгения Андреевича** «Электроимпульсное плазменное спекание мелкозернистых керамик и твердых сплавов на основе карбида вольфрама», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Твердые сплавы, благодаря выдающемуся сочетанию высокой твердости и ударной вязкости по сравнению с другими режущими материалами (алмазные, быстрорежущие стали и др.), являются наиболее распространенными и востребованными инструментальными материалами, среди которых доминируют сплавы системы WC-Co. Появление новых высокопроизводительных автоматизированных станков и материалов с улучшенными свойствами, а также стремление к повышению производительности, качества продукции, снижению затрат и т.д., предъявляют к современному режущему инструменту все более высокие требования по устойчивости к повышенным ударным нагрузкам, скоростям резания, толщинам съема материала, к чистоте обработки и т.д. В связи с этим разработка инструментального материала с повышенными эксплуатационными характеристиками, удовлетворяющими современным требованиям, является весьма актуальной.

Диссертационное исследование Е.А. Ланцева посвящено решению проблем изготовления ультрамелкозернистых керамик и твердых сплавов на основе WC с повышенными механическими свойствами с акцентом на изучение механизмов высокоскоростного твердофазного спекания нанопорошков. Для достижения желаемого результата Е.А. Ланцев использует один из современных и перспективных методов консолидации нанопорошков - электроимпульсное («искровое») плазменное спекание (ЭИПС или англ. SPS). В отличие от большинства исследователей, занимающихся высокоскоростным спеканием нанопорошков, Е.А. Ланцев не проигнорировал проблемы, связанные с использованием нанопорошков (примесный кислород, свободный (несвязанный) углерод, неоднородность и др.), а наоборот, уделил им пристальное внимание, что добавляет оригинальности и объективности полученным в диссертационном исследовании результатам. На основе большого объема экспериментальных данных им детально изучены механизмы высокоскоростного спекания микро-, субмикро- и нанокристаллических порошков WC как в чистом виде, так и с добавками Co, Al₂O₃, ZrO₂ и SiC, с учетом влияния фазового состава нанопорошков, среднего размера частиц, содержания в них кислорода и углерода, а также исследованы физико-механические свойства полученных из них керамик и твердых сплавов. Несмотря на разнообразие использованных в исследовании порошков и композиций на их основе, во всех случаях отмечено влияние содержания кислорода и углерода как на механизм спекания, так и на конечные свойства и микроструктуру спеченных образцов.

Результаты исследований по теме диссертационной работы обсуждены на 14 российских и международных конференциях, а содержание исследования отражено в публикациях, включающих 16 тезисов докладов и 11 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК.

При прочтении автореферата возникли следующие вопросы и замечания:

1. Каким образом установлено, что примесный кислород, содержащийся в нанопорошках WC, находится в них в форме нанотолщинных слоев оксидов WO_x на поверхности наночастиц WC?

2. На ПЭМ изображении нанопорошка WC (рис. 2) светлые участки по границам частиц интерпретируются как аморфные слои WO_x, а на ПЭМ изображении смеси WC-1%Co (рис. 8) аналогичные участки интерпретируются уже как тонкие слои Co. В связи с этим возникает вопрос: куда исчезли слои аморфного WO_x и почему их место заняли слои Co, а не его оксида? Проводился ли качественный элементный или структурный анализ частиц данных порошков?

3. Почему для компенсации потерь углерода использовался графит (в т.ч. коллоидный), а не технический углерод (сажа)?

4. В табл. 2 указан фазовый состав порошков. Каким методом он был установлен? Порошки группы III, содержащие оксиды вольфрама, приобрели свой фазовый состав в

результате плазмохимического синтеза или после окисления плазмохимического нанопорошка WC? Как определялось в них содержание углерода и кислорода? Содержали ли порошки свободный (несвязанный) углерод?

5. На стр. 9 автореферата допущена путаница: согласно табл. 1 керамика №3 не содержит W_2C , а керамика №4 его содержит; согласно тексту под таблицей, все наоборот: «Результаты РФА показывают, что в центральной области керамики №4 массовая доля частиц фазы W_2C очень мала (около 0.5%); в керамике №3 массовая доля частиц W_2C составляет ~3.4% (табл. 1)».

6. На стр.10 в примечании к табл. 2 вместо порошка №11 повторно указан порошок №10.

7. На стр. 21, возможно, допущена опечатка: оптимальная температура спекания порошков WC-SiC-0.3%C составляет 1350°C, что на 150°C меньше температуры окончания усадки нанопорошка WC. Выше отмечалось, что температура окончания усадки порошка WC составляет 1400°C. Вероятно, имелось ввиду не 150, а 50°C?

8. На стр. 25, вероятно, перепутаны образцы. Согласно табл. 1 образцы №1, 2 и 3 имеют средний размер зерна 3, 0.9 и 0.15 мкм, а в тексте на стр. 25 «...образцы мелкозернистых керамик №1 (d~ 1 мкм) и №2 (d~ 3 мкм) имеют энергию активации ~15 кТ_m (380 кДж/моль) и 22 (560 кДж/моль), соответственно».

Выполненная работа заслуживает высокой оценки, а указанные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационного исследования.

В целом, судя по автореферату, диссертационная работа Е.А. Ланцева является законченным научным исследованием на актуальную тему, выполненном на высоком экспериментальном и теоретическом уровне, а ее содержание отражено в имеющихся публикациях. По объему, содержанию и научной значимости научно-квалификационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 26.09.2022), а ее автор **Ланцев Евгений Андреевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

11 января 2024 года

Курлов Алексей Семенович,
кандидат физико-математических наук (специальность 1.4.15 (02.00.21) – Химия твердого тела), ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией нестехиометрических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук (ИХТТ УрО РАН), 620990, г. Екатеринбург, ул. Первомайская, 91

тел. +7 [REDACTED]
e-mail: kurlov@ihim.uran.ru

Согласен на обработку персональных данных

[REDACTED] А.С. Курлов

Гусев Александр Иванович,
доктор физико-математических наук (специальность 1.4.15 (02.00.21) – Химия твердого тела), профессор, главный научный сотрудник лаборатории нестехиометрических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук (ИХТТ УрО РАН), 620990, г. Екатеринбург, ул. Первомайская, 91

тел. +7 [REDACTED]
e-mail: gusev@ihim.uran.ru

Согласен на обработку персональных данных

[REDACTED] А.И. Гусев

Подписи Курлова А.С. и Гусева А.И. заверяю,
Ученый секретарь ИХТТ УрО РАН,
кандидат химических наук

[REDACTED] Е.А. Богданова

